

鹿児島高専 正 内田芳郎 西留 清

学○小湊哲郎 増田信之 有村伸二

山平博海 坂下善和

1. はじめに 半浸漬型回転円板法においては円板回転速度が無限であれば全浸漬型の場合と同様に生物膜内基質濃度分布は定常になると考えられる。しかし、通常の円板回転速度では液本体基質濃度は定常でも付着生物膜は空中と水中を交互に循環しながら基質を除去するための生物膜内基質濃度分布が定常になるとは考えられず、コンピュータシミュレーションにより半浸漬型回転円板法の生物膜内基質濃度分布を明らかにした結果、シミュレーションにより得られた平均Flux値と実験から求めたFlux値はほぼ一致しており、報告した動力学理論が半浸漬型回転円板法にも適用可能であると考えられた。^(1,2)そこで、本文ではシミュレーションと実験から半浸漬型回転円板法の温度、浸漬率、拡散層、および酸素分圧の影響について検討する。

2. シミュレーションモデル 半浸漬型回転円板法シミュレーションモデルは図-1に示すように空中部では気相、付着水膜、および生物膜、水中部では液本体、拡散層、および生物膜からなる。基礎式はFickの第2法則を差分表示して、任意時間、第*i*層のΔ*t*時間後の基質濃度を得ることができる。したがって、半浸漬型回転円板法における液本体から生物膜表面への平均Flux (F_{jA}^*)は式-(1)となる。

$$F_{jA}^* = \frac{D}{n\Delta z} \sum_{j=1}^{i=n} (C_{j,1} - C_{j,2}) \quad (1)$$

シミュレーションを行うに当たり、モデルに従って、表-1に示す条件に合わせ電算機により数値計算を行った。温度変化による拡散係数値はWilliamsonらの実験値を用いて次式により求めた。

$$\frac{D_1\mu_1}{T_1} = \frac{D_2\mu_2}{T_2} \quad (2)$$

T: 絶対温度, *D*: 拡散係数, *μ*: 水の粘性係数
空中部の円板表面付着水膜は円板速度と円板の表面状態により変わると考えられるので、本文では次式により求めた。 $\delta = 1.28 \left(\frac{\mu \omega R}{\rho g} \right)^{\frac{1}{2}}$ (3)

3. 結果と考察 図-2はシミュレーションにより求めたRun 1の液本体NH₃-N濃度が10(mg/l)の空气中と水中部のNH₃-Nと酸素濃度分布の三次元表示である。NH₃-Nおよび酸素濃度は空中部および水中部とも付着水膜、拡散層、および生物膜内で著しく変化

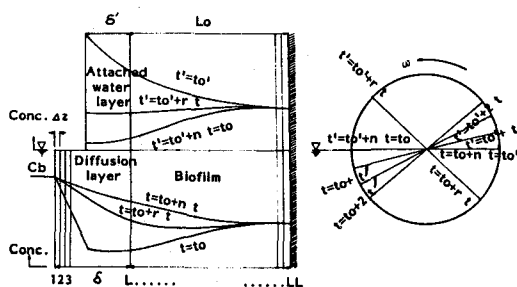
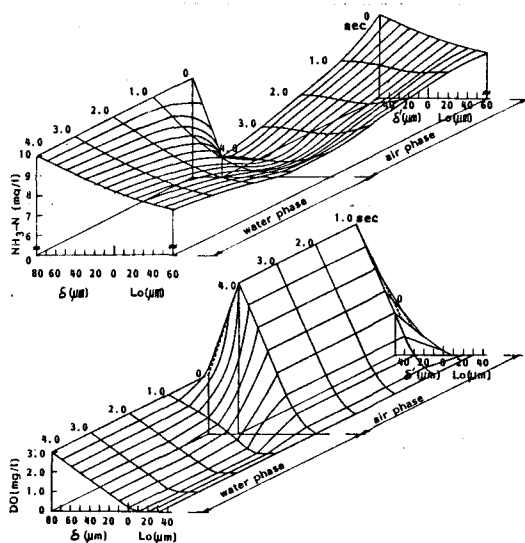


図-1 半浸漬型回転円板生物膜モデル

表-1 シミュレーションの条件

Parameter	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4
Attached-water Layer Thickness (μm)	50	50	60	70
Water Temperature (°C)	28.5	23.5	15	5
Diffusion Coefficient of NH ₃ (cm ² /day)	2.0	1.8	1.4	1.0
Diffusion Coefficient of O ₂ (cm ² /day)	2.4	2.1	1.6	1.2

図-2 NH₃-Nおよび酸素濃度分布 (Run 1)

する。酸素律速であるため酸素は生物膜表面でほぼ0となり、 $\text{NH}_3\text{-N}$ が生物膜最深部まで浸入する。

温度と浸漬率の影響 円板の50%が浸漬している場合、円板の空中・水中滞留時間(Cycle timeと定義する)は同じであるが、浸漬率が変化するとCycle timeも変化する。図-3は浸漬率30, 50, 70%でのFluxと温度との関係である。シミュレーションにより得られる平均Flux(図中の実線)が浸漬率50%の実験値に最も適合する生物膜内での硝化速度(R_d)を求めた。浸漬率50%で得られた R_d を浸漬率30および70%のシミュレーションにも適用した。酸素律速では浸漬率が小さいと空中のCycle timeが水中より長くなる。図-3の平均Fluxは大きくなる。しかし、浸漬率が小さくなると浸漬面積(A_w)が小さくなり、式-(3)で示す単位時間当りの硝化速度(W_r)はむしろ小さくなる場合もある。

$$W_r = F_{j,A} \cdot A_w \quad (4)$$

$\text{NH}_3\text{-N}$ 律速ではCycle timeを変化させても平均Fluxがさほど変化しないため浸漬率が大きいほど W_r は大きくなると考えられる。

拡散層厚の影響 図-4に示すように $\text{NH}_3\text{-N}$ 律速では液本体と生物膜表面に存在する拡散層厚が小さいほど平均Fluxは大きくなり硝化速度も大きくなる。拡散層厚は円板周辺速度に反比例すると考えられるので、同拡散層厚を得るために円板径の大きい円板をゆっくり回転した方がより効率的であると考えられる。酸素律速では拡散層厚が厚くなっても平均Fluxはほぼ同じである。また、ゆっくり回転することにより液本体の濃度が3(%)から0になっても硝化速度の低下は10%以下である。このことから酸素律速では円板をゆっくり回転した方が効率的であると考えられる。

酸素分圧の影響 液本体 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度が高い領域では酸素律速となるが、大気中の酸素分圧(P_o)を大きくすると空中部での円板付着水膜表面の酸素濃度が高くなり、生物膜内酸素浸入深さは大きくなるため平均Fluxも大きくなる。図-5はRun1の条件下で液本体 $\text{NH}_3\text{-N}$ が50(%)のシミュレーションによる平均Fluxと酸素分圧との関係である。液本体の濃度は大気圧の条件下で得られた値が酸素分圧に比例するとして計算した。実験結果については次の機会に報告する。

4. おわりに 本研究の結果、シミュレーションにより半浸漬型回転円板法の生物膜内基質濃度分布が明らかになり、任意の円板径、浸漬率、円板速度、酸素分圧、および液本体基質濃度など諸条件下での単位浸漬面積当りの基質除去量の定量化が可能となり、単位時間当りの硝化速度が最大になる回転円板法の最適操作法が決定できる。温度、浸漬率、拡散層厚および酸素分圧を変化させてシミュレーションを行なった結果、硝化速度を上げるためには酸素律速の場合、最適浸漬率の決定および気相中の酸素分圧を高めるのが最も有効であり、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 律速の場合、円板浸漬率の増大および拡散層厚を小さくしなければならない。

参考文献 1.西留, 渡辺, 石黒: 回転円板法浄化機構のシミュレーション, 第18回衛生工学研究討論会論文集, 1982.1

2. Watanabe, Nishidome, Helen. B.: Simulation of Nitrification and It's Dynamics in a Rotating Biological Contactor, The 11th International Association on Water Pollution Research, (1982)

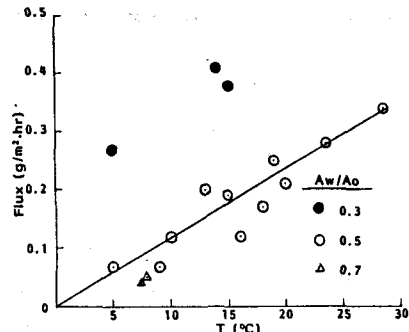


図-3 Fluxと浸漬率および温度との関係

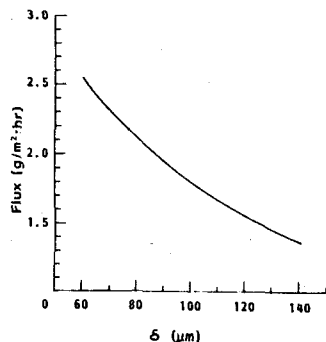


図-4 Fluxと拡散層厚の関係

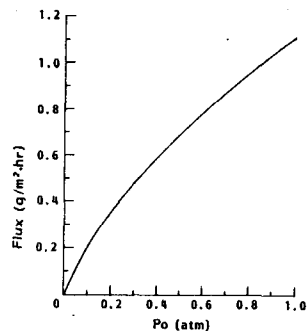


図-5 Fluxと酸素分圧の関係